

# Aromaten im Abgas von Ottomotoren

Zajontz, Joachim

Veröffentlicht in:  
Jahrbuch 1987 der Braunschweigischen  
Wissenschaftlichen Gesellschaft, S.143-146



Verlag Erich Goltze KG, Göttingen

## **Aromaten im Abgas von Ottomotoren**

**Akad. Dir. Dr.-Ing. Joachim Zajontz**

Institut für Chemische Technologie und Brennstofftechnik  
Technische Universität Clausthal

Kohlenwasserstoffe gehören zu den gesetzlich limitierten Komponenten im Abgas von Verbrennungsmotoren. Die zu ihrer Bestimmung angewandten Methoden, früher „Nichtdispersive-Infrarot-Analysatoren (NDIR)“, jetzt überwiegend „Flammenionisationsdetektoren (FID)“, weisen einige bedeutsame Nachteile auf. Beide Methoden erfassen den Summenwert der Kohlenwasserstoffe nicht korrekt, zum anderen wird der unterschiedlichen Umweltrelevanz der einzelnen Kohlenwasserstoffe nicht Rechnung getragen.

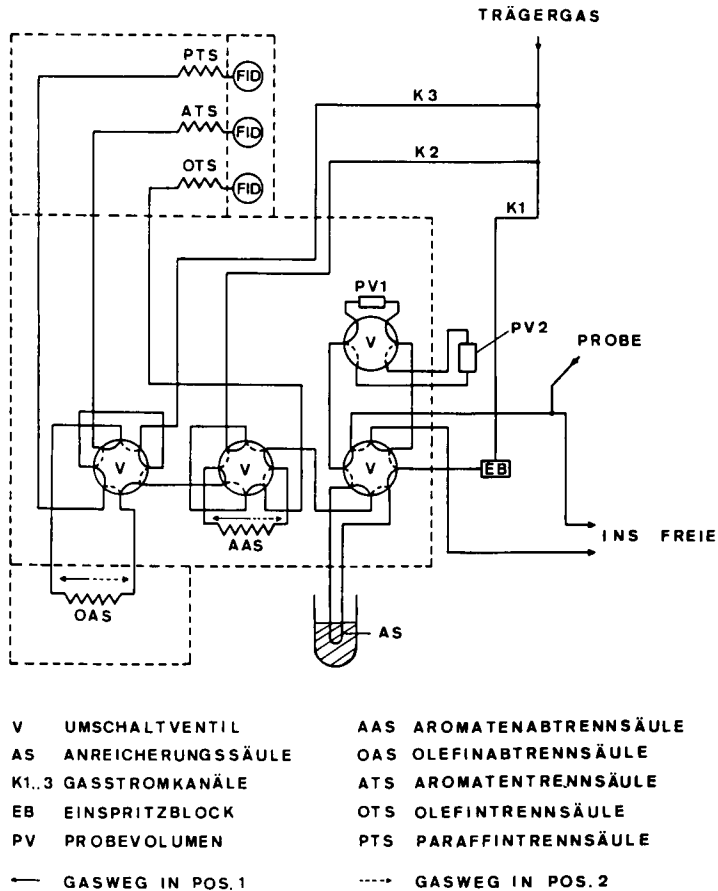
Besonders der zweite Aspekt fordert eine differenzierte Analyse der einzelnen Kohlenwasserstoffe im Abgas von Verbrennungsmotoren. Die Methode der Wahl für diese Aufgabe ist die Gaschromatographie.

In der Abteilung für Mineralölanwendungen wurde daher vor einiger Zeit ein problemspezifisches gaschromatographisches Analysenverfahren zur differenzierten Messung der Kohlenwasserstoffe im Abgas von Ottomotoren entwickelt. Dabei werden nach Anreicherung der Kohlenwasserstoffe aus einer Abgasprobe diese zunächst in die drei Gruppen der gesättigten, olefinischen und aromatischen Kohlenwasserstoffe getrennt. Danach erfolgt auf speziellen Trennsäulen die weitere Trennung in einzelne Kohlenwasserstoffe innerhalb dieser Gruppen. So können ca. 60 Kohlenwasserstoffe – die wesentlichsten im Ottomotorabgas – einzeln gemessen werden. Das Bild 1 gibt eine Übersicht über die Schaltung des gaschromatographischen Systems.

Im Zusammenhang mit der Einführung unverbleiten Benzins in der Bundesrepublik Deutschland kam es zu einer Änderung der Formulierung der Kraftstoffe. So wurde die benötigte Oktanzahl der Benzine ohne Verbleiung durch eine Erhöhung des Anteiles von Aromaten dargestellt. Es ergab sich daraus die Frage, inwieweit Änderungen der Kraftstoffzusammensetzung zu einer Beeinflussung der Aromatenemissionen, insbesondere der Emissionen von kanzerogenem Benzol sowie Toluol und Xylenen, führen.

Als geeignete Methode zur Beantwortung dieser Aufgabenstellung bot sich das entwickelte gaschromatographische Analysensystem an. Die Untersuchungen wurden auf einem Motorprüfstand an verschiedenen Vollmotor-Varianten mit Vergaser bzw. Einspritzung in mehreren Betriebspunkten durchgeführt. Der Einfluß der Abgasnachbehandlung wurde an 3-Weg-Katalysator-Konzepten an Vollmotoren untersucht. Bild 2 zeigt den Aufbau der Versuchseinrichtung.

Um den Einfluß der Kraftstoffzusammensetzung genauer analysieren zu können, wurden die grundlegenden Arbeiten mit Modellkraftstoffen durchgeführt und Ver-



**Bild 1:**  
**Gaschromatographisches Analysensystem**

gleichmessungen mit Realkraftstoffen vorgenommen. Die Modellkraftstoffe wurden aus den folgenden Komponenten zusammengestellt:

Paraffine: Isooktan (Basiskomponente)  
Aromaten: Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol  
Olefine: 1-Hexen  
Alkohole: Methanol

**Der Einfluß der Verbleiung wurde ebenfalls untersucht.**

Von den untersuchten Kraftstoffkomponenten haben die Paraffine, Olefine und Alkohole keinen nennenswerten Einfluß auf die Aromatenemissionen. Auch eine Verbleiung beeinflußt die Aromatenemissionen nicht.

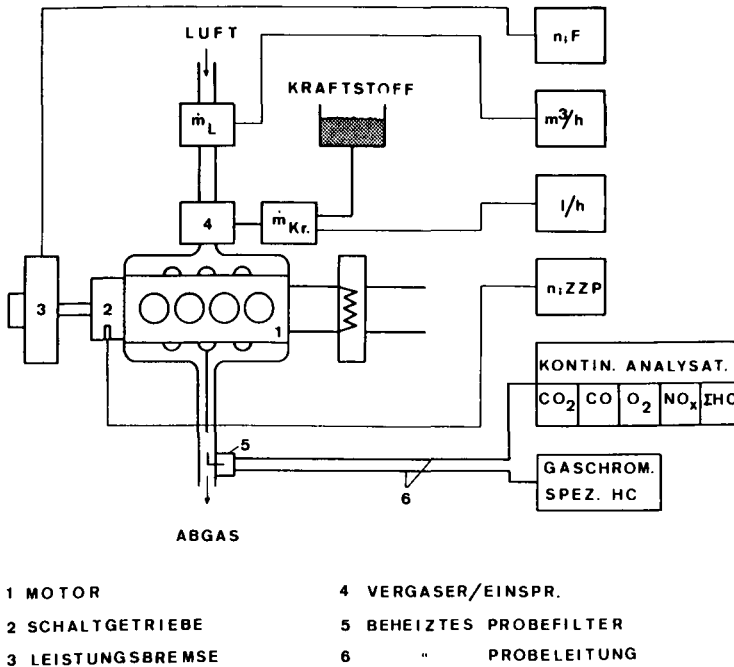


Bild 2:  
Prüfstandseinrichtungen und Abgasanalytik

Die Aromaten sind die für die Benzolemissionen ausschlaggebenden Kraftstoffkomponenten. Es ist ein linearer Zusammenhang zwischen Benzol im Abgas und Benzol im Kraftstoff festgestellt worden, da ein Teil des Kraftstoffs konserviert, d.h. unverbrannt emittiert wird. Andere im Kraftstoff enthaltene Aromaten tragen durch Dealkylierung während der Verbrennung ebenfalls zur Benzolemission bei. Die Bedeutung dieser Nachbildung ist um etwa eine Größenordnung niedriger zu bewerten als die der Konservierung von Benzol.

Für die Emission der übrigen Aromaten gelten im übertragenen Sinn die gleichen Feststellungen.

Eine Betrachtung von Mehrkomponentengemischen im Vergleich zu den Zweikomponentenmischungen deutet darauf hin, daß sich die zur Benzolemission beitragenden Kraftstoffkomponenten in etwa additiv an der Emission beteiligen.

Zur Klärung des Einflusses der katalytischen Abgasnachbehandlung wurden Messungen der Aromaten und anderer Kohlenwasserstoffe vor und nach dem Katalysator durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen, daß die Emissionen der Aromaten durch Katalyse bei Luftverhältnissen um  $\lambda = 1,0$  (3-Weg-Katalysator mit  $\lambda$ -Regelung) deutlich reduziert werden. Die Emissionen von Xylole und Ethylbenzol werden etwas stärker vermindert als die Toluolemissionen und diese wiederum ein-

deutig stärker als die Benzolemissionen. Insgesamt liegen die Emissionsreduzierungen aber immer in der Größenordnung der Umsetzung von Gesamtkohlenwasserstoffen. Die Unterschiede in den Reduzierungen der Aromaten beruhen auf parallel zu den gewünschten Oxidationsreaktionen ablaufenden Dealkylierungen der Alkylaromaten.

In einer Meßreihe wurden bei  $\lambda = 0,87$  und hoher Motorbelastung erhöhte Benzolemissionen nach Katalysator gegenüber den Werten vor Katalysator festgestellt. Ein solcher Betriebspunkt ist relevant für eine Vollastanreicherung durch Abschaltung der  $\lambda$ -Regelung bei 3-Weg-Katalysator-Konzepten sowie für unregelte Katalysator-Konzepte. Dieser Befund verlangt daher nach einer weiteren Klärung durch Fortführung der Untersuchungen.